

## 基盤研究 46 北海道におけるパイプラインの構造機能の診断技術の開発

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 23～平 25

担当チーム：水利基盤チーム

研究担当者：中村和正、小野寺康浩、須藤勇二、  
大久保天、本村由紀央、伊藤暢男

### 【要旨】

北海道内には大規模な散水施設を利用する畑地灌漑システムが普及しており、高圧のパイプラインも多い。これらのパイプラインの中には建設から 30 年以上を経過するものもあり、近年では幹線パイプライン等の重要度の高い路線でも漏水が発生する事例が出始めている。このため、北海道内のパイプラインの規模・供用条件に適応した機能診断技術が求められており、既存の診断技術の適用性の評価とともに機能診断手法の確立が急務になっている。

本研究では、北海道内の農業用パイプラインに適した診断手法の作成にむけて、北海道内のパイプラインの使用管種と管基礎材の工学的性質の整理、漏水が発生したパイプライン布設地盤の地下水位の観測等を行った。また、北海道内のパイプラインの診断技術開発のための基礎資料を得る目的で、北海道内で使用実績の多いとう性管を供試管に用いた室内埋設実験を行い、融雪期等に生じる地下水位変動時の埋設管の挙動を把握した。さらに、これらの結果と漏水発生箇所の特徴を踏まえ、北海道内のパイプラインを対象とした機能診断の実施フローを作成した。

北海道におけるパイプラインの機能診断にあたっては、基本的な診断の流れは府県と同様に行うが、地上調査の段階で融雪水等が集まりやすい地形条件等を考慮して、通年の地下水位の連続観測を行い、管上や管側で地下水位の変動が顕著な区間については、管内調査の密度や実施頻度を高めるなど重点的な診断が必要であることを示した。

キーワード：パイプライン、機能診断、とう性管、地下水位、融雪水、火山灰土

### 1. はじめに

北海道内では、1980 年代から灌漑用水の送配水のためのパイプラインの整備が本格化した。これらのパイプラインの特徴として、府県と比較して大規模な散水施設を利用する畑地灌漑システムが普及していることがあげられる。そのため高圧のパイプラインが多く、中には大口径のものも布設されている。

近年、これらのパイプライン施設の中で、建設後 30 年以上を経過するものも出てきている。そのため、発生件数は少ないものの、幹線パイプライン等の重要度の高い区間も含めて、突発的に漏水が発生する事例がみられるようになった。水圧の高い区間で漏水が発生すると農地の作物・土壌を流亡させるなどの被害につながり、復旧に多大の費用と時間を要する場合もある。

これらのことから、北海道内で早期にパイプラインが整備された地域を中心にして、漏水を未然に防ぎ、安定した用水供給を継続するため、パイプラインの適切な診断と保全管理を行う必要がある。

パイプラインの診断技術の現状をみると、北海道に比べ供用年数が長い府県のパイプラインを対象に、各種の診断技術の開発が進められている。既存診断技術の北海

道内のパイプラインへの適用性の評価を行い、北海道内のパイプラインの規模・供用条件に適用可能な診断技術の体系化が必要である。

本研究では、パイプラインの機能診断における地上調査・管内調査・詳細調査の各段階<sup>1)</sup>で行うべき調査項目を適切な順序で組み合わせた診断手法の作成を目的に、既往の漏水発生箇所の特徴を踏まえた室内埋設実験を行い、北海道内のパイプラインを対象とした機能診断の基本フローを検討した。さらに、パイプラインの布設地盤・地下水位等の調査・観測等を組み合わせたパイプラインの安定性の評価手法を検討し、機能診断調査の各段階に対応した具体的な診断技術の体系化を行った。

以下、**2.** では北海道内のパイプラインの診断のための基礎資料として検討した管種や管基礎材の工学的特徴を説明するとともに、既往の漏水事例を紹介する。**3.** では、実際に漏水が生じた路線における地下水位の観測結果を述べる。さらに、**4.** で北海道内のパイプラインの基礎材として使用実績の多い火山灰土と比較対照の碎石を用いた場合の室内埋設実験を行い、パイプライン布設地盤の地下水位変動が管体の外圧等に与える影響を検討する。そして、**5.** では既存診断技術の適用性の検討

を踏まえ、北海道内のパイプラインの規模・条件に適した、管と布設地盤の両面からの診断を組み合わせた機能診断の実施方法を提案する。

## 2. 北海道のパイプラインの管種と基礎材の特徴

### 2.1 パイプラインの管種の特徴

北海道内の畑地灌漑システムでは、ダムや頭首工等の水源施設から圃場に至るまでのパイプラインの延長が100kmを超える場合も少なくない。管種や口径は様々な種類のもので構成されている場合が多く、パイプライン系末端部での散水圧力を確保するため高圧の区間が存在することも多い。水利用形態としては、通年で利用している場合もあり、管内部の診断調査の時期や時間に制約が生じる場合もある。

北海道内の農業用パイプラインで使用されている管種は、ダクタイル鋳鉄管 (DCI 管)、強化プラスチック複合管 (FRPM 管)、硬質ポリ塩化ビニル管 (PVC 管) 等のとう性管の使用事例が多い<sup>2)</sup>。この理由には、北海道内に分布している湿性の火山灰土地盤や圧縮性が極めて高い泥炭地盤等の様々な地盤や地形条件においても、とう性管は土質材料による基礎を造成することでパイプラインを建設できるという利点をあげることができる。

各管種の適用実績としては、DCI 管は小口径から大口径にわたる多様な口径で使われており、FRPM 管は中口径から大口径で用いられている。PVC 管は主に小口径で使用されている。

これらのとう性管は、土中においては管と周辺地盤の相互作用で変形が生じており、管基礎材の剛性の影響を大きく受ける特徴を有している。

### 2.2 パイプラインの基礎材の工学的性質

北海道内でパイプラインによる畑地灌漑システムが先行整備された十勝地域等には火山灰土が広く分布している。これらの地域では、パイプラインの施工にあたり現地発生土が施工性や力学的性質の面で良質な場合は、現地発生土を基礎材に使用している。

一方、現地発生土が高含水比等の理由で施工性や力学的性質を確保できない場合、購入土を用いることになり、このような施工区間では砂や砕石に比べ安価な火山灰土を基礎材に使用している事例が多い。

また、北海道内で使用実績の多いとう性管は構造設計上、基礎材に所定の剛性 (反力係数) が見込まれており、機能診断では基礎材の現状の剛性を評価することも重要となる。

#### (1) 物理的性質の特徴

北海道内でパイプラインの基礎材に施工された火山灰土の土質試験データを収集して物理的性質を分析した<sup>3)</sup>。以下にその結果を述べる。

表-1は、北海道内で幹線パイプラインの基礎材に使用された火山灰土6試料の物理的性質の特徴を示したものである。基礎材に用いられている火山灰土は砂質系の土であり、土粒子の密度 $\rho_s$ が小さく非塑性である。砂質系の火山灰土は比較的安価であるうえ粘性がないため土工では扱いやすい材料である。そのため、パイプラインの施工断面のように狭い掘削溝内においても締固め等の施工性が良好なため、北海道内の多くの地域で基礎材として使用されている。

一方で基礎材として全国的に一般的な砂に比べると、火山灰土は土粒子の密度が小さいため、水流や浸透水による洗掘に対する抵抗性が小さい特徴がある<sup>4)</sup>。また、パイプラインの基礎材の施工管理密度は締固め度85%程度が多く、それほど高密度な状態にはない。長年の供用期間中に地下水流の影響<sup>5)</sup>によって、土粒子の流失等が生じると管の支持が不安定化する場合がある可能性も懸念される。

表-1 パイプラインの基礎材に使用された火山灰土の物理的性質の特徴

$\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> )	2.36~2.53		
$w_L, w_P$ (%)	NP		
地盤材料の分類名	SVG, (火山灰質 礫質砂)	SV-G, (礫まじり 火山灰質砂)	SG-V (火山灰質土 まじり礫質砂)

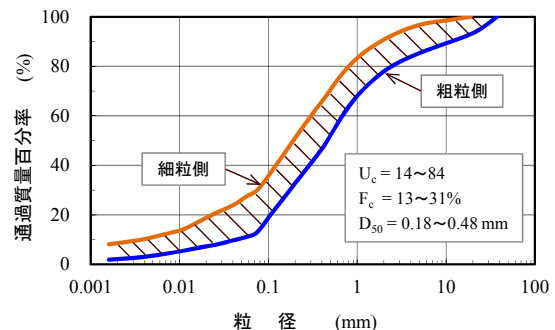


図-1 パイプラインの基礎材に用いられた火山灰土の粒度分布の範囲

図-1は、表-1に示した火山灰土基礎材の粒度分布の範囲である。図-1から、パイプラインの基礎材に使用されている粒度分布は地域によらず類似している傾向にあり、均等係数  $U_c$  は14~84、細粒分含有率  $F_c$  は13~31%の範囲にある。

表-2は、表-1に示したパイプライン基礎材のうち締固め試験結果が既知の4試料の湿潤密度  $\rho_t$ 、飽和度  $S_r$ 、自然含水比  $w_n$ 、などを示したものである。基礎材に施工された火山灰土は湿潤密度が小さく、締固め後の飽和度が低い傾向にある。また、自然含水比は最適含水比  $w_{opt}$  付近あるいはそれよりも低いことも多く、施工においては扱いやすい水分状態にあることが伺える。

表-2 パイプラインの基礎材に使用された火山灰土の施工時の湿潤密度等

$\rho_t$ (g/cm <sup>3</sup> )	1.28~1.35
$S_r$ (%)	66.5~94.6
$w_n$ (%)	30.1~56.7
$w_n / w_{opt}$	0.82~1.10

## (2) 力学的性質の特徴

パイプラインの基礎材に用いられた火山灰土を対象に、三軸圧縮試験（圧密非排水試験）を行い変形係数を算出した<sup>6)</sup>。供試土は十勝地域（試料A）、上川地域（試料B）の2試料である。供試体の乾燥密度は締固め度85%とし、最大粒径19mmの自然含水比の試料を5層に分け、ランマーで突き固めて直径10cm、高さ22cmの供試体を作製した。拘束圧  $\sigma_c$  は土被り圧を考慮して  $\sigma_c=20\sim80\text{kN/m}^2$  の範囲に設定した。また、基礎材は地下水位以深におかれることが多いため、試験では通水した後に圧密過程・せん断過程を行った。せん断ひずみ速度は0.1%/mm、軸ひずみは15%までとした。三軸圧縮試験で得られた応力～ひずみ曲線から変形係数  $E_{50}$  を求めた。

拘束圧と変形係数の関係を図-2に示す。試料A、Bともに、拘束圧が高くなるにしたがい変形係数は大きくなる。また、 $\sigma_c=20, 40\text{kN/m}^2$  では試料AとBの変形係数の差が大きい、 $\sigma_c=80\text{kN/m}^2$  ではその差は小さくなる。この結果から、締固め度85%の火山灰土の変形係数は、拘束圧によって大きく変化すること、拘束圧が低い条件

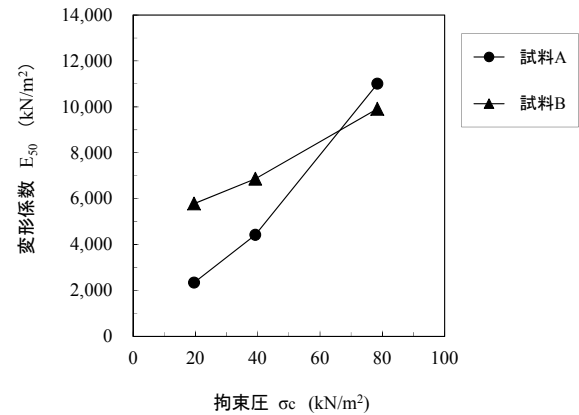


図-2 パイプラインの基礎材に用いられた火山灰土の拘束圧と変形係数

下では変形係数の差が大きいことがわかる。

これらの2種類の火山灰土の試験結果では、基礎材の変形係数の発現は土被り圧によって異なることが推測され、土被りが浅い場合は用いる火山灰土により変形係数の変動が大きいこと、土被りが深くなるとほぼ一定の変形係数が期待できることが推察される。

パイプラインの管種がどう性管の場合、機能診断調査の試掘等調査の段階で、変形係数をはじめとする基礎材の力学的性質の現状評価が必要になる場合がある。とりわけ北海道内のパイプラインの機能診断を行ううえでは、原位置の火山灰土基礎部の力学的性質の調査方法について方法を確立する必要がある。この点については、5.で述べる。

なお、農業用パイプラインの設計基準<sup>7)</sup>は、1998年（平成10年3月）の改訂において、基床を含む基礎部の標準的な締固めの程度（締固めI）が、締固め度85%程度から90%平均に引き上げられた。改訂前の基準に準拠して建設されたパイプラインの基礎部は、高密度のものに比べると、地下水、湧水等に対する抵抗性が低いことも考えられる。

パイプラインの機能診断では、管種が同じでも、建設当時に適用された基準類によって基礎材の締固めの程度が異なっており、また、火山灰土の種類や土被り圧によって力学的性質の発現に差があることにも留意する必要があるものと考えられる。

## 2.3 既往の漏水事例

農業用パイプラインは水源施設から圃場に至るまでの長大な線状構造物であり、1箇所での漏水がパイプライン全体の機能低下につながる<sup>8)</sup>。

図-3は、北海道内のT地域における農業用パイプ

インの経過年数と漏水の発生累計を示したものである。管種はPVC管で、口径が75mmと100mmの区間での事例である。当該地域では、経過年数15年目から漏水が発生し、それ以降には経年にわたり漏水が発生し、年数とともにパイプラインの機能低下が増大していることがわかる。写真-1には、漏水発生直後のPVC管の状況を示した。

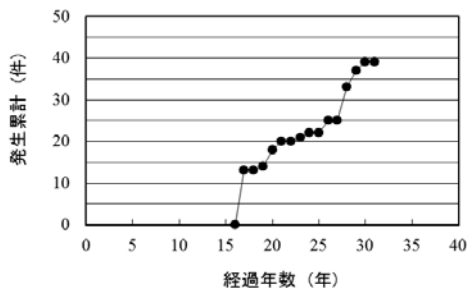


図-3 経過年数と漏水発生累計<sup>9)</sup> (PVC管の例)



写真-1 パイプラインの漏水状況<sup>10)</sup>  
(口径75mm, PVC管, 23年経過時点)

図-4は、15年経過から30年経過の間における漏水発生時期を月別に整理したものである。漏水は、融雪期やその直後の時期に比較的多く発生しており、年間では春期に漏水の発生が多い傾向がみられる。

長年の供用期間を経てパイプラインの漏水が発生した場合は、地域内で管種、基礎材の種類、管と地下水位の位置関係、土被り圧等が類似している区間については重点的な診断が必要になるものと考えられる。

### 3. パイプライン布設地盤の地下水位の観測

#### 3.1 目的

過年度にパイプラインの漏水直後に実施した現地調査での地盤調査結果等を踏まえると、漏水の発生の要因の

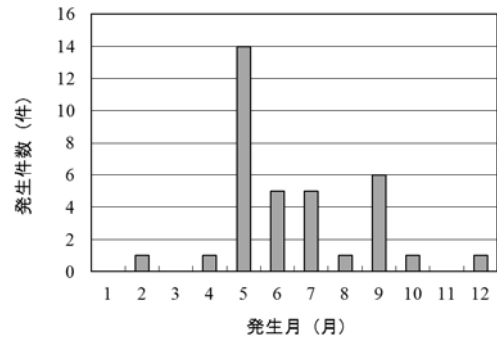


図-4 月別にみた漏水発生件数 (PVC管の例)

1つとして地下水が何らかの影響を及ぼしている可能性があると考えられる。

これには、とう性管の土中挙動が管および周辺地盤の力学的性質、作用荷重等の影響を受けること、また、パイプラインの基礎材には非塑性の土質材料が使用されていることが多く、地下水や浸透水に対する抵抗性がそれ程高くないことも影響していると考えられる。

本章では、過去に漏水が発生した区間 (以下、漏水発生区間と称する)、および漏水が発生していない区間 (以下、漏水未発生区間と称する) で観測した、パイプライン布設地盤の地下水位の観測結果を述べる。

#### 3.2 調査地および調査方法

パイプラインの布設地盤の地下水位観測は、供用年数が15年程度経過しているパイプラインの路線を対象に行った。

観測では、年間を通した地下水位変動を調べるため、1時間間隔でデータ収録した<sup>11)</sup>。地下水位観測の対象とした管種は、DCI管、FRPM管、PVC管の3種類である。口径は75mmから800mmまでである。当該地域ではパイプラインの建設にあたり、基礎材に火山灰土を使用している区間が多く、とくに口径が300mmを超えると火山灰土の使用区間の割合が増える傾向にある。

#### 3.3 調査結果および考察

パイプラインの布設地盤で観測した地下水位の経時変化を図-5、6に示す。

図-5は、口径800mmのFRPM管の区間における地下水位の観測結果であり、観測地点は過去に漏水が発生した箇所の近傍である<sup>11)</sup>。この地点の地下水位は、年間を通して管の上部で変動しており、管は常に地下水位に深におかれている。地下水位は降雨時と融雪期に大きく変動しており、融雪期には1.3mを超える上昇が起き、

その後下降する大きな変動が生じている。

図-6は、口径500mmのFRPM管の区間における地下水位の観測結果であり、この区間では過去に漏水は発生していない。この区間の地下水位は、年間を通して管底以深に位置している期間が長い。融雪期やまとまった降雨の時には管側や管上まで地下水位の上昇が起きているが、基礎材が水浸状態におかれる期間は短く、地下水位変動に伴うパイプ周辺地盤の剛性の低下や流動化が生じる可能性は少ないものと考えられる。

このように同じ地域のパイプラインでも、管と地下水位の位置関係や年間の地下水位変動の程度は異なっていることが確認された。漏水発生区間では地下水位が管上に位置し、比較的大きな地下水位の変動が生じているこ

とが認められた。

北海道のような積雪寒冷地では融雪水の浸透によって、管の布設地盤の地下水位が急激に上昇・下降する時期があり、図-4の事例検討で述べたように、融雪期やその直後に漏水が発生する事例がみられる場合がある。地形条件によっては地下水流の影響による基礎材の水浸、流動等による基礎材の力学的性質の変化や、毎年生じる融雪水の浸透による地下水位の上昇と下降の地下水位変動時の荷重変化等が基礎材の剛性を徐々に低下させることも考えられる。

今後も地下水位変動が管に及ぼす影響等を継続的に検討する必要があると考えられる。

## 4. 室内埋設実験によるパイプの土中挙動の観測

### 4.1 目的

前章までに述べたように、パイプラインの漏水は融雪期やその直後の春期に発生している事例が多く、管が地下水位以深におかれている場合に融雪期等に急激に地下水位が変動する区間で発生する場合もみられる。

また、北海道の農業用パイプラインは、積雪寒冷地であるがゆえに融雪水等によって、パイプライン埋設地盤の地下水位が変動する条件下におかれている区間も多数ある。

そこで、地下水位の変動が管の土中挙動に与える影響を把握する目的と、機能診断における調査区間の選定等の基礎資料を得ることを目的として、融雪期等の地下水位変動を模擬した室内埋設実験を行い管の土中挙動等を検討した。

### 4.2 実験方法

北海道における農業用パイプラインの使用管種の多くは、パイプ横断面のたわみ量がある程度まで許容できる可とう性管である。また、管の基礎材には砂質系の火山灰土を使用している事例が多い<sup>5)</sup>。

そこで、北海道内のパイプラインで基礎材に使用実績が多い火山灰土を使用して可とう性管を埋設し、模擬的に地下水位の変動を行う室内埋設実験を行い、地下水位変動時に管に作用する外圧や管体の発生ひずみ等を調べた。

#### (1) 実験土槽と供試管

埋設実験の断面を図-7に示す。前面と左面が強化ガラスよりなる鋼製土槽の中央部に、幅2,000mm、深さ1,600mm、奥行き500mmの管理設区(以下、埋設区と称する)を設け、口径約350mm、長さ約400mm、厚さ約3mmの樹脂系の供試管を埋設した。

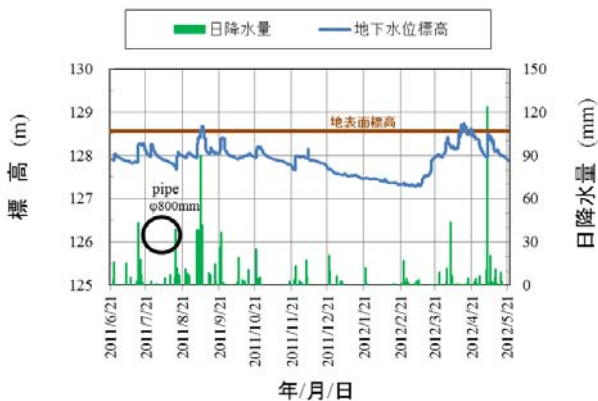


図-5 漏水発生区間における管布設地盤の地下水位の経時変化  
(口径800mm, FRPM管布設区間)

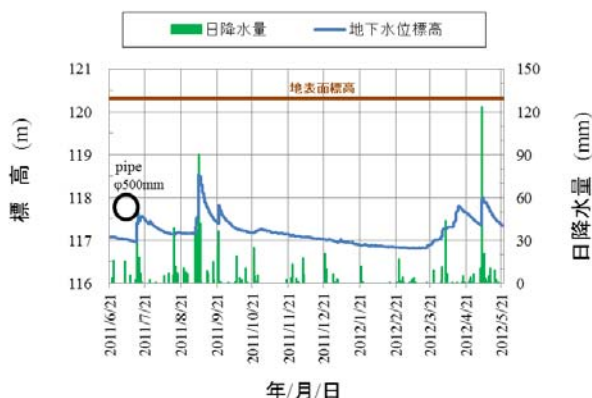


図-6 漏水未発生区間における管布設地盤の地下水位の経時変化  
(口径500mm, FRPM管布設区間)

表-3 実験に用いた土質材料と施工範囲等

土質材料	砕石 (0-20mm)	火山灰土	砕石 (0-30mm)
土粒子の密度 $\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> )	2.756	2.462	2.753
最大粒径 $D_{max}$ (mm)	20	20	30
自然含水比 $w_n$ (%)	4.5	31.4	4.2
コンシステンシー	NP	NP	NP
最大乾燥密度 $\rho_{dmax}$ (g/cm <sup>3</sup> )	1.990*	1.210*	1.980**
最適含水比 $w_{opt}$ (%)	12.0*	36.7*	11.4**
土質分類	GS-F (細粒分まじり 砂質礫)	SV-G (礫まじり 火山灰質砂)	GWS (粒径幅の広い 砂質礫)
埋設実験 における 施工部位、 締固め度	Case 1	基床部, 90% 基礎部, 85%	埋戻し部, 85%
	Case 2	基床部, 90% 基礎部, 85%	— 埋戻し部, 85%

最大乾燥密度と最適含水比の\*はA-c法、\*\*はB-c法による値である。

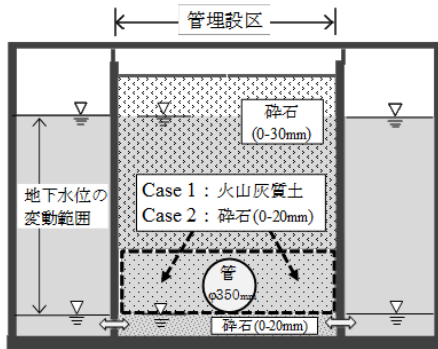


図-7 室内埋設実験の断面図

(土槽寸法: 幅 4,000mm, 深さ 2,000mm, 奥行き 1,500mm)

供試管には管頂と土槽天端に設けた不動点の間をワイヤー式の変位計でつなぎ、パイプの鉛直変位量を測定した。また、パイプの中央部より 5cm 後方の断面の外周 4 等分点に受圧面直径が 23mm の小型土圧計を取り付け、管頂、管底、管側左右 (管芯高さ) に作用する外圧を測定した。さらに、パイプの中央部内外面にゲージ長 1cm の一軸のひずみゲージを貼付し、円周方向のひずみを測定した。管の両端面はマスキングテープ等で密閉した。

埋設区の内壁の側面・背面にはシリコンを吹き付け、摩擦軽減処理を施し、前面 (ガラス面) は目視観察ができるよう無処理とした。

## (2) 実験ケースと土質材料

埋設実験は、火山灰土基礎 (Case 1) と砕石基礎 (Case 2) の 2 ケースを行った。Case 1 と Case 2 の埋設地盤には、表-3 に示す土質材料を使用した。Case 1、Case 2 ともに施工支持角  $2\theta$  は  $360^\circ$  とし、埋設地盤は壁打ちパイプレータを用いて締め固めて作製した。

埋設完了後、埋設地盤の上面の不陸防止のため、鋼製のプレートを設置した。

## (3) 地下水位の変動方法と測定項目

埋設実験では、埋設区の側壁の底面から 100mm の高さに給排水孔を設け、埋設区の外側の水槽を介して埋設区の地下水位を上下動させるものとした。地下水位の変動範囲は、実際のパイプライン埋設地盤での観測結果を参考に設定した。

実験では管上や管側で地下水位変動が生じる場合を検討した。本報では、地下水位変動に伴う管の作用外圧と変位量の事例として、管頂から管頂上 60cm の間を地下水位が 1 回変動した場合の結果を述べる。次に、地下水

位の変動が繰り返し生じた場合の事例として、地下水位の変動範囲を管頂上 50cm から 100cm までとし、変動工程は管頂上 50cm から 100cm に上げ、20 分間放置した後、管頂上 50cm に戻し、20 分間放置するという作業を 3 回繰り返した場合の実験結果を述べる。

測定項目は、小型土圧計による外圧、ワイヤー型変位計による管の鉛直変位量、管の内外面のひずみである。

## 4.3 実験結果および考察

### (1) 管の作用外圧と変位量

管上で地下水位変動が生じた場合の管の外圧等の測定結果<sup>12)</sup>を図-8に示す。管の鉛直変位量は、水位の上昇・下降過程で若干の増減がみられ、下降後に元の水位に回復した後も僅かではあるが増加している。管底土圧計の値は、管頂+30cm に上昇するまでは減少しているが、それ以降の上昇・下降過程では増加しており、元の水位に回復した後も微増している。このように管底土圧計の値は、地下水位変動の前後で大きく変化しており、水位下降後には上昇前の約 1.5 倍に増加している。管頂土圧計の値は、水位の上昇・下降過程に増減を繰り返すが、水位変動の前後では同程度である。管側の土圧計の値は大きな変化はみられない。

なお、管側で地下水位が変動した場合の実験も実施しており、地下水位変動が管上と管側の場合の実験結果を

比較すると、地下水位が管上で変動する場合のほうが、管の鉛直変位量と管底土圧計の値の増加が大きかった<sup>12)</sup>。

また、地下水位の変動範囲が管側、管上のいずれの場合も、水位下降時とその後に管底土圧計の値が増加する。このように管底土圧計の値には特徴的な変動が認められ、地下水位の変動に伴い管の基礎反力が変化することが示唆される。

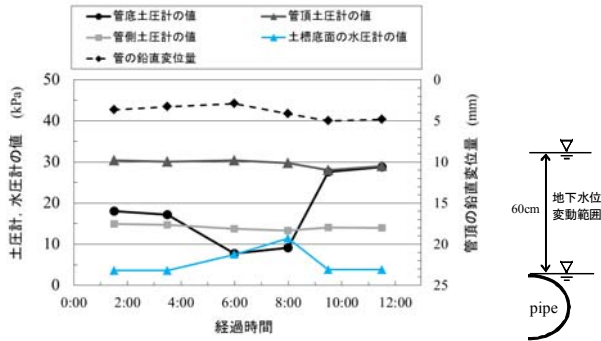


図-8 管上で地下水位の上昇・下降が生じた場合の管に作用する外圧と管の鉛直変位量の変化

## (2) 管の発生ひずみ

管上部の地盤で地下水位変動が繰り返し生じた後の Case 1 (火山灰質土基礎) と Case 2 (砕石基礎) の管内面、管外面における円周方向のひずみ分布<sup>13)</sup>を図-9、10に示す。各図のひずみの値は、管を基末に据付けた時点を初期値とし、引張ひずみをプラスで、圧縮ひずみを

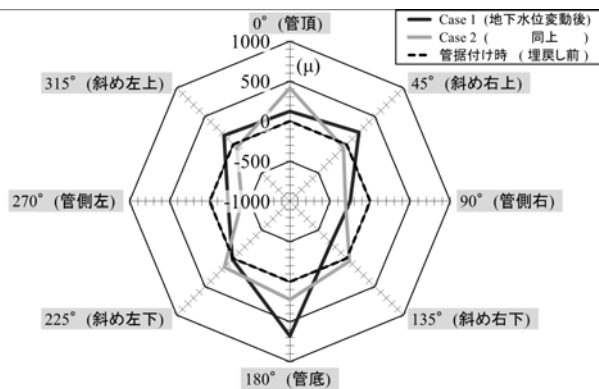


図-9 管内面の円周方向のひずみ分布

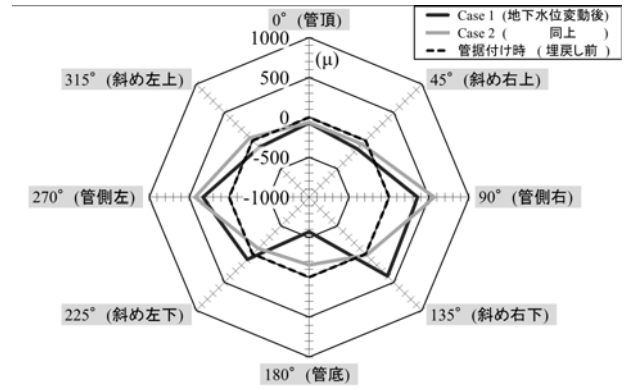


図-10 管外面の円周方向のひずみ分布

マイナスで表している。

図-9に示した管内面における Case 1 と Case 2 のひずみ分布を比較すると、Case 1 では Case 2 に比べ管底で大きな引張ひずみが発生しており、基礎反力の作用範囲が狭い傾向にあることがわかる。一方、Case 2 は Case 1 に比べ管頂で引張ひずみが多いものの、管底および管斜め下の発生ひずみが小さく、基礎反力の分散範囲が広く管の支持状態が安定していると判断される。図-10の管外面のひずみ分布からは、管底の圧縮ひずみは Case 1 では大きいと Case 2 では小さいこと、管側の引張ひずみは Case 1、Case 2 のいずれにおいても大きいことが認められる。

このように、実験では Case 1 と Case 2 では主に管底付近のひずみ分布の形状に大きな違いが認められる。今回の実験は、Case 1、Case 2 ともに供試管の剛性は同じであるため、このようなひずみ分布の違いには、基礎部の力学的性質、管周囲の土圧分布、荷重・管剛性・基礎剛性の相互関係で決まる反力係数の差違等が影響しているものと推察される。

以上のように、火山灰土基礎と砕石基礎では地下水位の変動に伴う管の土中挙動は異なり、管底付近で管体の発生ひずみの違いが顕著であることなどがわかった。なお、地下水位の変動に伴う土中挙動は、管種、口径、管と管周囲地盤の力学的特性、荷重条件等が複雑に影響するため、今後、さらに詳細に検討しなければならない。

## (3) 埋設実験から得られた診断区間の選定

北海道内の農業用パイプラインはとう性管の使用事例が多く、地中に埋設されている場合が多い。また、融雪水等の地盤浸透によって地下水位が大きく変動する条件

下に埋設されている区間もある。

パイプラインの機能診断にあたっては、融雪水や雨水が集まりやすい地形条件<sup>4)</sup>や管の埋設深度等を考慮し、地上調査の段階に融雪期を含めた地下水位の連続観測を行い、管上で地下水位変動が顕著な区間については、管内調査<sup>1)</sup>の調査密度や調査の実施頻度を高めるなど、重点的な診断調査が必要と考えられる。

## 5. 北海道内のパイプラインに適した機能診断技術の検討と提案

### 5.1 目的

パイプラインの漏水を未然に防ぐためには、定期的な機能診断が必要である。また、効率的な機能診断を行うためには、地上調査<sup>1)</sup>の段階で、管の過度な変形、管の亀裂、継手部の水密性低下等の変状が生じやすい区間を推定して、以降の管内調査等を行うことが重要であると考えられる。

本章では、既往の漏水発生箇所の特徴や北海道内のパイプラインの管種、基礎材の特徴等を踏まえ、北海道内のパイプラインの機能診断手法について検討する。

### 5.2 検討方法

過去に、北海道内のパイプラインで発生した漏水箇所の管種、埋設地盤、地下水位の変動、周辺地形等の特徴、および4.の室内埋設実験の結果を踏まえ、機能診断の手法を検討した。

さらに、北海道内のパイプラインの埋設環境を考慮し、機能診断の実施フローと留意点等を検討した。

### 5.3 布設地盤の調査と管体監視を組み合わせたパイプラインの安定性調査手法の検討結果

#### (1) 漏水発生箇所の特徴を踏まえた機能診断

一般的な農業用水のパイプラインの機能診断調査は、図-11に示すように、「事前調査」、「現地踏査」、「現地調査（地上調査・管内調査・試掘等調査）」の順序で行われる<sup>1)</sup>。

また、パイプラインのように長距離に及ぶ線状構造物の機能診断調査では、「現地踏査」の段階でパイプラインの過大な変形、水密性の低下等の変状が生じやすい区間を概定し、それ以降の現地調査を進めることが望ましいと考えられる。

3.で述べたように、過去のパイプラインの漏水は、融雪期に代表される比較的大きな地下水位変動が生じている区間に発生する傾向がみうけられる。北海道のような積雪寒冷地では春先に融雪水の地盤浸透によって地下水位が上昇し、その後下降する挙動を示すため、毎年のよ

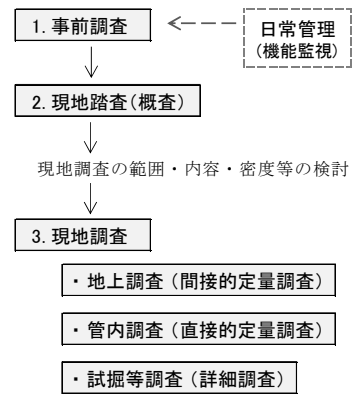


図-11 パイプラインの機能診断調査の流れ  
(文献1に加筆修正)

うに地下水位の変動が繰り返されている。

4.の室内埋設実験の結果を踏まえると、地下水位の上昇・下降に伴う管への作用外力の変動によって、管のたわみ等の変形量が微増することも考えられ、小口径パイプラインに比べ管の横断方向の剛性が相対的に低い中口径や大口径のパイプラインでは、管種により変形の形態は異なるものの、年数が経過すると内面塗装の剥離、内面保護層の亀裂等が生じることも考えられる。また、実験結果を踏まえると、地下水位変動が管側よりも管上で生じる区間のほうが、管の変形や外圧の変動が大きいことが推察される。

#### (2) 個別診断手法の適用性の評価

##### 1) パイプライン管体の調査手法

表-4は、現地調査（管内調査）で重点的な調査を行う場合を想定し、既存のパイプライン管体の調査手法の中から、府県の事業地区等で適用実績があり<sup>14)~18)</sup>、北海道内のパイプラインにも比較的適用性が高いと考えられる主な調査手法の概要を整理したもの<sup>19)</sup>である。表-4には北海道のパイプラインでは、まだ適用事例がない手法も含まれている。

診断者が入管可能な口径 800mm 以上のパイプラインの場合は、管内の目視観察、たわみ量調査、継手部の調査、不陸・蛇行調査等の各種の調査を実施することが可能である。しかし、パイプラインの口径や勾配等の制約で、入管調査が不可能な区間については、条件に応じた適当な診断機器等を選択して調査を行う必要がある。

現時点では、表-4のほかにも各種の管内調査手法が考案されているが、費用対効果を検討して調査手法を選定すること、次回以降の調査時に比較可能となるデータ収集を行うことに留意して調査を計画することが重要で



ある。

## 2) 試掘等調査における管布設地盤の調査手法

北海道のパイプラインは管種にとう性管を使用している事例が多い。とう性管は土中においては管と周辺地盤の相互作用によって変形が生じており、管周囲地盤の力学的性質の影響を受けている。このため、機能診断調査では基礎材等の管周囲地盤の状態評価が重要である。

表-5には、管周囲地盤の力学的状態の現地調査に適用が考えられる既存の調査手法の概要<sup>19)</sup>を示した。

同表の調査手法の選定にあたっては、北海道のパイプラインは口径が300mmよりも大きい区間では管の基礎材に砂質系の火山灰土の使用実績が多いこと、また、一般的にパイプラインの基礎材の施工ではそれ程高度な締固めは実施されないことを考慮している。さらに、パイプライン管体側部の基礎材の施工幅は数10cmから1m程度と狭いことや、パイプラインのような線状構造物の現地調査では延長方向に多点の調査が必要になる場合があることにも配慮した。

表-4 北海道内のパイプラインの管体調査に適用性が高いと考えられる調査手法の概要

調査対象	名称*	調査の概要	適用口径	適用管種		備考
				とう性管	不とう性管	
管体内部	内径測定ユニット調査	自転車と内径測定ユニットの組み合わせにより、鉛直、水平、斜め45°方向の内径を連続的に計測する。	200mm～1,500mm	○	○	10mm間隔での内径計測が可能で、局所的な変状箇所の把握が可能である。
	3Dレーザーキャナー調査	3Dレーザーキャナーを用いた3Dデータ分析により、管の平面線形、縦断線形、横断形を整理し、管内変状等を把握する。	800mm以上	○	○	継続して3Dデータを取得することで、変位・変形の高精度な観測が可能となる。
	管内曲率調査	曲率測定装置を用いてベース底面から管までの距離を測定して曲率半径を算定し、管の曲げひずみを推定する。	800mm以上	○ 鋼管での実績あり	×	装置は市販のデプスゲージにベースを取り付けて製作できる。測定誤差を考慮し、ベース長を設定する必要がある。
管体背面地盤	管内電磁波レーダー調査	管内から電磁波レーダーを用いて、管背面地盤の空洞部や異物の存在を探索する。	800mm以上	○	○	調査データをリアルタイムで見ることができ、短時間で管背面地盤の調査が可能である。

\* 調査手法の名称は、一般的に用いられている名称を記載している。

表-5 北海道のパイプライン管周囲地盤の調査に適用できる調査手法の概要

区分	名称	連続性	測定値	適用地盤	可能深さ(m)	特徴
静的	スウェーデン式サウンディング試験	連続	各荷重による沈下量(W <sub>sw</sub> )、貫入1mあたりの反回転数(N <sub>sw</sub> )	玉石、礫を除くあらゆる地盤	15m程度	標準貫入試験に比べて作業が簡単である
	ポータブルコーン貫入試験	連続	貫入抵抗	粘性土や腐植土地盤、緩い砂質土地盤	5m程度	簡易試験で極めて迅速
	機械式コーン貫入試験(オランダ式二重管コーン貫入試験)	連続	貫入抵抗	粘性土や腐植土地盤、緩い砂質土地盤	20m程度	機械構造が単純で扱いやすい
	電気式コーン貫入試験(三成分コーン貫入試験)	連続	先端抵抗q <sub>c</sub> 間隙水圧u 摩擦力	粘性土地盤や砂質土地盤	貫入装置や固定装置の容量による	データの信頼度が高い
	ダイラトメータ	不連続	材料インデックス 水平応力インデックス ダイラトメータ係数	軟弱な粘性土地盤	5m程度(ボーリングの併用で20m程度まで可能)	ブレードの僅かな変形量から物性値が把握できる
	孔内水平載荷試験	不連続	圧力、孔壁変位量、クリップ量	孔壁面が滑らかでかつ自立するようなあらゆる地盤、岩盤	基本的に制限なし	推定量の力学的意味が明瞭である
動的	標準貫入試験	不連続 最少測定間隔は50cm	N値 (所定の打撃回数)	玉石や転石を除くあらゆる地盤	基本的に制限なし	普及度が高く、ほとんどの地盤調査で行われる
	オートマテックラムサウンディング	連続	N <sub>d</sub> 値 (N値相当の値)	玉石や転石を除くあらゆる地盤	20m程度	装置が一体化しており、自動で貫入ができる
	土研式動的円錐貫入試験	連続	N <sub>d</sub> 値 (N値相当の値)	緩い砂や粘性土地盤	5m程度	重錘が5kgと軽いため急斜面なのでも容易に実施可能。ただし、貫入力が小さいので締まった地盤では貫入不可。

漏水発生箇所での地盤調査の既往の調査事例からは、地盤の締まり具合や緩みの有無等を把握する上では、スウェーデン式サウンディング試験やポータブルコーン貫入試験が用いられる場合が多い。また、泥炭地盤のように強度や支持力が極めて小さい地盤では、機械式コーン貫入試験が適用されている。表一5に示した調査手法の中には、管周囲地盤の支持力の評価のほか、変形係数の推定、簡易液状化判定等に利用できるものもある。北海道ではパイプラインの周囲地盤に、火山灰土基礎、泥炭地盤といった特殊土が存在している事例が多い。今後の機能診断調査によって管周囲地盤の力学的性質に関するデータを蓄積し、布設地盤の土質条件に適した機能診断調査を確立することが重要と考えられる。

### 3) 管体と布設地盤の調査の組み合わせによる評価

今後、北海道でも耐用年数を迎えるパイプラインが増加していく。この現状を踏まえると、管内調査で測定したたわみ量から反力係数を推定し、管周囲地盤の変形係数を試掘等調査で採取した試料の室内試験や地盤調査より推定するなどして、パイプラインの布設当時に見込まれていた設計値と現状の値の比較検討が必要と考えられる。

また、過去の事例調査の中には、布設条件等によっては管体や管周囲地盤の劣化の進行が早い場合もみられるため、機能診断では漏水による社会的影響度や路線の重要度等に配慮して、管体と布設地盤の両面からの調査が重要である。

前項で述べたように、データの蓄積と検討を行い、設計定数が確保されていない区間の抽出、現状の施工断面での構造計算の検証、必要に応じて対策の実施を行うことが必要になるものと思われる。

## 5.4 北海道内のパイプラインの機能診断技術の体系化

### (1) 北海道内のパイプラインの機能診断の基本フロー

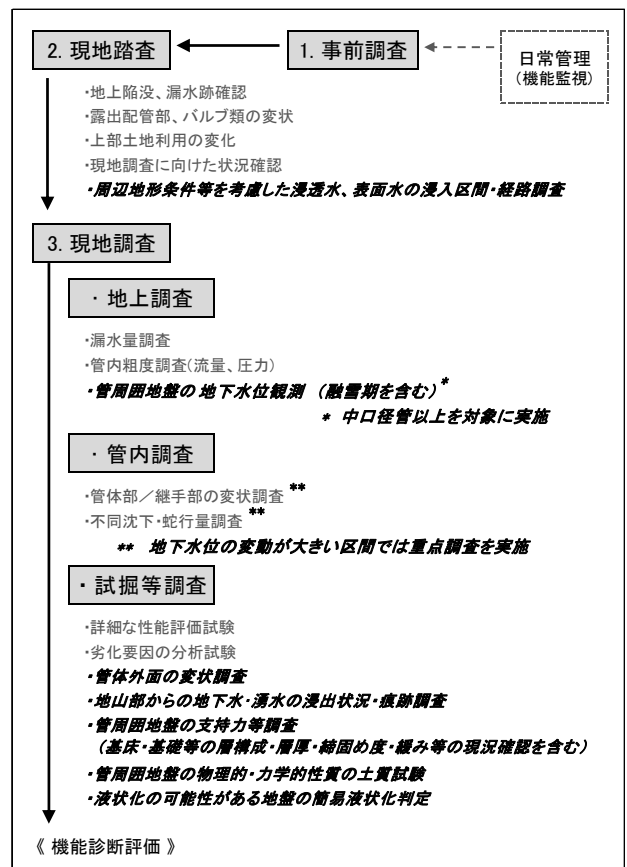
北海道のパイプラインを対象とした機能診断調査の基本フローを図-12に示す。この図は、農業水利施設の機能保全の手引き「パイプライン」<sup>1)</sup>に掲載されている機能診断調査のフロー図を基本とし、北海道のパイプラインの機能診断調査で必要と考えられる項目を追加して作成したもの<sup>13)</sup>である。

機能診断調査にあたっては、融雪水や雨水が集まりやすい地形条件<sup>9)</sup>や管の埋設深等を考慮し、地上調査の段階に融雪期を含めた地下水位の連続観測を行ことが望ましい。次に、管上で地下水位変動が顕著な区間については、管内調査<sup>1)</sup>の調査密度や調査の実施頻度を高めるなど、重点的な診断調査が必要と考えられる。

管内部に診断者が入管して観察が可能な区間については、管内部の調査（内面、継手部、たわみ量、不陸・蛇行等）を行う必要がある。そして、管内部の調査によって変状が認められた区間は、基礎材の支持力調査、土質試験等を行うとともに、必要に応じて試掘等調査を行い、管周囲地盤の力学的性質を評価する必要がある。

口径が800mm未満の区間や急傾斜区間等については、管内部に診断者が入管できないため、人による直接的な調査ができないことがある。このような制約がある区間は、当該施設の重要度や経過年数、事故・補修履歴等について施設管理者から聞き取りを行い、現地調査で実施可能な診断項目や調査手法の検討を行う必要がある。

なお、口径や傾斜等の制約から診断者の入管による管内調査が不可能な区間の調査方法に関しては、現時点の診断技術を俯瞰してみると、管内洗浄後にカメラ観察を行い、さらに内径測定ユニット調査<sup>14)</sup><sup>15)</sup>等の機械式調査



灰色の記載箇所は全国共通的な調査項目(文献1から引用)  
 黒色(斜体)の記載箇所は北海道のパイプラインで重要と考えられる調査項目

図-12 パイプラインの機能診断調査の基本フロー

を行い、管の内径とたわみ量調査を調べる方法が適当と考えられる。ただし、洗浄後に管低部に水が残るような区間では、この方法でもカメラ等の観察が困難な場合がある。また、管内調査でカメラや内径測定ユニット器やカメラを使用した調査を行うにあたっては、調査費用と得られる調査結果とのバランスについても十分検討する必要がある。

また、数年先に行われる診断調査時に、以前の調査データと比較考察ができるよう、診断調査時の地下水位、土被り厚、土地利用等のその時点のパイプラインがおかれている埋設環境を刻銘に記録することが肝要である。

小口径パイプラインについては、相対的に管の剛性が高いことから管の横断方向の変形は小さい。このため、小口径パイプラインの場合は、管底以深の基礎地盤が軟弱な区間<sup>10)</sup>や過大な上載荷重や偏荷重が付加された場合に生じる縦断方向の変形による継手部の離脱等による漏水が考えられる。

事後保全のほうが経済的に有利と判断される小口径パイプラインや末端配管については、機能診断において現地踏査までに行い、現地調査の対象外とするなど施設の重要度に応じた調査を選択することが望ましい<sup>1)</sup>。

## (2) 北海道内のパイプラインの機能診断手法の提案

北海道内のパイプラインの管種と布設地盤の特徴や、既往の漏水発生箇所の特徴等を考慮して作成した、機能診断の実施フローを図-13、14に示す。

この実施フローの詳細については、本研究成果の一部として、北海道内のパイプラインの機能診断を行う場合の技術資料として作成した「北海道のパイプラインの機能診断に関する技術資料(案)」<sup>20)</sup>に示した。

機能診断の実施フローを要約すると、以下のとおりである。

- ① 図-12に示した機能診断調査の基本フローにしたがい、事前調査と現地踏査を実施する。
- ② 現地調査で診断対象となるパイプラインの診断レベルを判定するために、図-13の付表1~5を用いて当該パイプラインの施設重要度の判定評価を行い、図-13の付図1のフロー図にしたがい、診断レベル1、2、3を選定する。診断レベルの選定に用いる評価点は、北海道内のパイプラインの使用管種、既往の漏水事例等に配慮し設けたものであるが、施設の立地条件等を総合的に評価し、別途に設定してもよいこととしている。
- ③ 診断レベル1、2、3に応じて、図-14に示した現

地調査のフローにしたがい、現地調査(地上調査・管内調査・試掘等調査)を実施する。なお、パイプラインの変状の形態によっては、詳細調査・試験として、管材の試験を行うことも記載している。

なお、2.で述べたように、北海道のパイプラインで使用されている管種には、DCI管、FRPM管、PVC管等の数種類があり、パイプラインの口径、布設地盤の土質、地形条件も多岐にわたっている。このような、管種、口径、土質、地形の各条件下での実施フローの具体的な適用事例については、上述の技術資料<sup>20)</sup>の中で記載した。

## 6. まとめ

北海道における農業用パイプラインの機能診断手法の策定にむけて、現地調査、室内埋設実験を行い、とう性管の基本的な土中挙動を検討した。また、既往の漏水事例の傾向等を踏まえ、北海道内のパイプラインに適した機能診断手法を検討した。

さらに、パイプラインの機能診断技術の体系化を試み、管と布設地盤の両面からの診断を組み合わせた具体的な機能診断の実施方法を提案した。

本研究の結果をまとめると次のとおりである。

- (1) 北海道内の農業用パイプラインの管種はとう性管が多く、基礎材には砂質系の火山灰土の使用実績が多い。基礎材に用いられている火山灰土は、土粒子の密度が低く非塑性で、粒度分布が比較的類似している傾向が認められた。火山灰土の変形係数は拘束圧によって変化し、拘束圧が低い条件下では火山灰土の種類で変形係数が異なることがわかった。
- (2) 過去に漏水が発生した地域で管理地盤の地下水位を観測した結果、漏水が発生した区間のパイプラインは年間を通して沈下水位以深に位置し、融雪時期には管体上部において1.3mを超える大きな地下水位の変動が生じていた。
- (3) 地下水位変動時の管の土中挙動を把握するために、基礎材に火山灰土を使用し漏水発生区間の地下水位変動を模擬した室内埋設実験を行った。その結果、地下水位が管体上部で変動する場合に、管底部で外圧の変動が大きいことがわかった。
- (4) 室内埋設実験で管の基礎材に北海道内で使用事例の多い火山灰質土を使用したケースと、比較対照として碎石を使用したケースについて、地下水位変動が管体挙動に与える影響等を比較した。その結果、火山灰土基礎と碎石基礎では地下水位変動に伴う管の

### 診断レベルの判定に用いる施設重要度の判定

施設重要度の判定では、事前調査と現地踏査の結果に基づき、【社会的影響度】と【農業面の被害】から総合的に評価する。

**【社会的影響度】** 管種と口径を入力条件として求められる漏水事故率と事故発生時の被害程度により評価点を設定する。

付表1 管種別漏水事故率の評価

漏水事故率	漏水事故率(件/年・km)		指標	
	管種	事故率	漏水事故率	被害程度
漏水事故率	鋼管(SP)	0	ほとんどない	小
	ダクタイル鋳鉄管(DGIP)	$0 < a < 1.4$	漏水事故率が一定程度ある	中
	硬質ポリ塩化ビニル管(PVC)	$1.4 \leq a$	かなり事故が起こっている	大
	連心力鉄筋コンクリート管(RC)	0	ほとんどない	小
	プレストレストコンクリート管(PC)	$0 < a < 0.4$	漏水事故率が一定程度ある	中
	強化プラスチック複合管(FRPM)	$0.4 \leq a$	かなり事故が起こっている	大

管体破壊による大規模な漏水事故履歴がある場合、発生確率は**大**とする

付表2 施設規模区分表

施設規模	口径		指標	
	口径	被害程度	漏水事故率	被害程度
施設規模	$\phi 300\text{mm}$ 以下	事後保全でも許容できる	小	小
	$\phi 350 \sim 750\text{mm}$	経済的被害が小さい	小～中	小～中
	$\phi 800 \sim 2000\text{mm}$	経済的被害が大きい	中～大	中～大
	$\phi 2050\text{mm}$ 以上	人的被害が大きい	大	大

### ＜評価点＞

付表3 社会的影響度の点数表

口径規模	施設規模	社会的影響度		
		大	中	小
口径規模	大	1点	2点	3点
	中～大	1点	1点	3点
	小～中	1点	1点	2点
	小	0点	0点	1点

漏水事故率

### 【農業面の被害】

付表4 農業面の被害区分表

農業面の被害	口径		指標	
	口径	被害程度	漏水事故率	被害程度
農業面の被害	$\phi 300\text{mm}$ 以下	影響が少ない	小	小
	$\phi 350 \sim 750\text{mm}$	やや影響がある	小～中	小～中
	$\phi 800 \sim 2000\text{mm}$	影響が大きい	中～大	中～大
	$\phi 2050\text{mm}$ 以上	影響が非常に大きい	大	大

畑地かんがい、及び肥地かんがいのパイプラインは**1ランクアップ**(最大3点)

### 【施設重要度】(a)

付表5 施設重要度(a)区分表

区分	社会的影響度			
	3点	2点	1点	0点
農業面の被害	大	3点	A	A
	中～大	2点	A	B
	小～中	1点	B	C
	小	0点	B	C

※ 施設重要度は、地域の立地条件、施設の利用形態等から総合的に判断し、別途設定してもよい。

診断レベル	機能診断の概要
1	漏水の発生のおそれが少なく、また、社会的影響度および農業面の被害が小さい小～中口径のパイプラインが対象である。管体破損等につながる要因に限定し、地上調査を主体に診断する。
2	漏水発生のおそれが高い小～中口径パイプライン、圧力が高く漏水による被害が大きい中口径パイプライン、漏水発生のおそれが低い大口径パイプラインが対象である。パイプラインの機能低下の要因を地上調査と試掘調査を主体に診断する。
3	社会的影響度および農業面の被害が比較的大きく、漏水が生じた場合に被災規模が大きいと想定される中～大口径パイプラインが対象である。パイプラインの構造機能の低下要因の全般を対象に、地上調査・管内調査・試掘調査を主体に診断する。

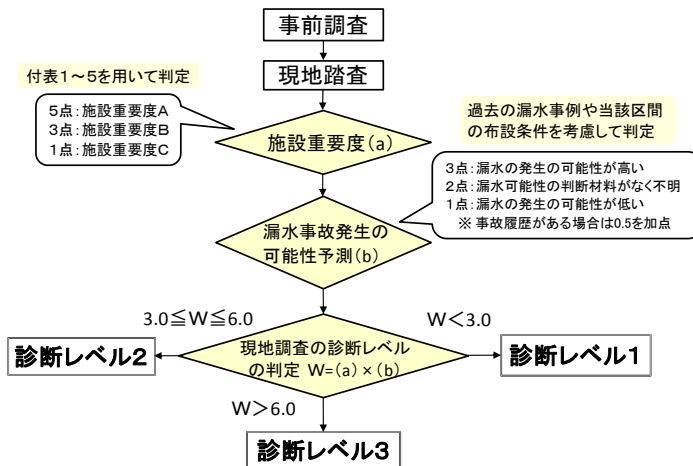


図-13 北海道におけるパイプラインの機能診断の実施フロー (1/2)

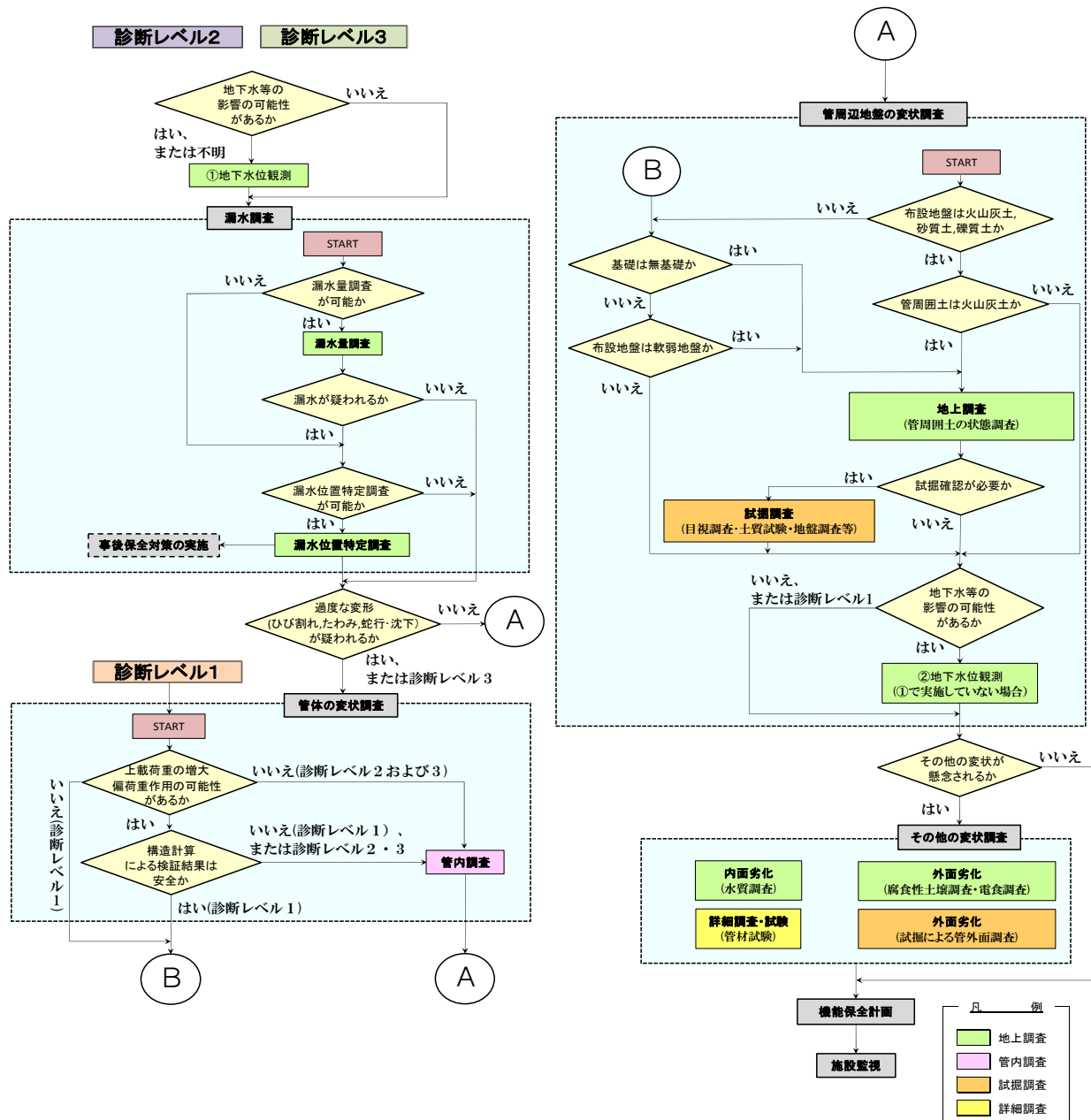


図-14 北海道におけるパイプラインの機能診断の実施フロー (2/2)

発生ひずみ分布の傾向が異なり、管底付近のひずみに大きな違いがあることがわかった。

- (5) 過去の漏水箇所の特徴等を踏まえると、北海道のパイプラインの機能診断調査では、融雪水や雨水が集まりやすい地形条件等を考慮し、地上調査の段階で融雪期を含めた地下水位観測を行い、その結果、地下水位の変動が顕著な区間については、管内調査で重点的な診断調査が必要であると考えられる。
- (6) また、埋設実験の結果を踏まえると、火山灰土基礎

で地下水位の変動が顕著な区間については、管種、口径、地盤条件等に応じ、調査の内容、密度等を検討し、管内調査と試掘等調査を行うことが望まれる。

- (7) 管内調査では、(6)のような条件の区間では、管内に診断者が入ることが可能な条件であれば、目視観察やたわみ量調査等の直接的な調査を行う必要があると考えられる。また、口径や傾斜等の制約で診断者の入管が不可能な区間では、現時点は管内洗浄後にカメラ観察と内径測定ユニット調査等の調査機器を

組み合わせ、機械式調査を行う方法が適当と思われる。

- (8) 北海道内のパイプラインの管種と布設地盤の特徴や、既往の漏水発生箇所の特徴等を考慮して、機能診断の実施フローを作成した。
- (9) 本研究成果の一部をもとに、北海道内のパイプラインの機能診断を行う場合の技術資料として、「北海道のパイプラインの機能診断に関する技術資料（案）」を作成した。

## 参考文献

- 1) 農業土木事業協会：「農業水利施設の機能保全の手引き「パイプライン」」、pp.1-48. 2009.8
- 2) 小野寺康浩：「火山灰質土を基礎材に用いた農業用パイプラインの診断について」、土木学会第 67 回年次学術講演会講演集、pp.489-490. 2012.9
- 3) 小野寺康浩：「埋設管の基礎材に用いた火山灰質土の物理的性質と液状化抵抗に関する検討」、第 48 回地盤工学研究発表会、pp.891-892. 2013.7
- 4) 北海道の火山灰質土の性質と利用に関する研究委員会：「実務家のための火山灰質土」、地盤工学会北海道支部、pp.55-57. 2010.12
- 5) 秀島好昭：「寒冷地の農業用管路建設と管理の留意点」、平成 21 年度農業農村工学会大会講演会要旨集、pp.502-503. 2009.8
- 6) 小野寺康浩・辻修：「埋設管の基礎材に用いた火山灰質土の変形係数に関する検討」、第 49 回地盤工学研究発表会、2014.7 (投稿中)
- 7) 農林水産省構造改善局：「土地改良事業計画設計基準 設計パイプライン 基準書・技術書」、1998.4
- 8) 毛利栄征：「パイプラインの再生と維持管理更新における課題」、水土の知、Vol.78, No.4, pp.1-2. 2010.4
- 9) 小野寺康浩・横木淳一・高橋雅一・田頭秀和・佐藤大輔：「小口径管路の経年劣化と埋設地盤」、第 42 回地盤工学研究発表会講演要旨集、pp.1527-1528. 2007.7
- 10) 上田雅則・田中稔・福士優：「更新時にみられた既設管路の老朽化の特徴」、第 51 回北海道開発局技術研究発表会、技術-53. 2008.2
- 11) 小野寺康浩・中村和正・伊藤暢男：「融雪期の地下水位変動によるパイプラインの土中挙動と機能診断」、寒地技術論文・報告集、Vol.28, pp.85-88. 2012.11
- 12) 小野寺康浩：「土槽実験による積雪寒冷地のパイプラインの診断に関する基礎的検討」、土木学会第 68 回年次学術講演会講演集、pp.223-224. 2013.9
- 13) 小野寺康浩・大久保天・本村由紀央：「融雪期の地下水位変動を考慮した北海道のパイプラインの機能診断調査」、寒地技術論文・報告集、Vol.29, pp.38-41. 2013.11
- 14) 土田百合子・伊藤保裕・宇都宮淳：「FRPM 管の劣化・破損要因の推定と調査」、平成 22 年度農業農村工学会大会講演会要旨集、pp.432-433. 2010.9
- 15) 白井裕昭・堀籠博之・後藤秀樹・中村衆栄：「FRPM 管における管きょ内径精密測定システムによる診断技術の検証」、JAGREE、No.83, pp.47-51. 2012.5
- 16) 谷口尚道：「3D レーザースキャンの機能診断への適用と効果の実証」、平成 23 年度近畿地方整備局研究発表会論文集、調査・計画・設計Ⅱ部門、No.3, pp.1-4. 2011.7
- 17) 有吉充・毛利栄征・堀俊和・松島健一・上野和広：「埋設パイプラインの安全性照査のための曲げひずみ推定手法」、農業農村工学会論文集、No.286, pp.67-75. 2013.8
- 18) 金平修祐・毛利栄征・新弘治：「電磁波レーダによる埋設管の基礎地盤探査について」、平成 22 年度農業農村工学会東北支部研究発表会講演要旨集、pp.160-163. 2010.11
- 19) 小野寺康浩・本村由紀央・大久保天・伊藤暢男：「北海道におけるパイプラインの構造機能の診断に関する検討」、第 62 回農業農村工学会北海道支部研究発表会講演集、pp.48-53. 2013.10
- 20) 土木研究所寒地土木研究所寒地農業基盤研究グループ水利基盤チーム：「北海道のパイプラインの機能診断に関する技術資料（案）」、2014.3

## DEVELOPMENT OF PERFORMANCE EXAMINATION TECHNIQUES FOR PIPELINE STRUCTURE AND FUNCTIONALITY IN HOKKAIDO

**Budgeted** : Grants for operating expenses General account

**Research Period** : FY2011-2013

**Research Team** : Cold-Region Agricultural Development Research Group  
(Irrigation and Drainage Facilities) and Director for

**Author** : NAKAMURA Kazumasa

ONODERA Yasuhiro

SUTO Yuji

OHKUBO Takashi

HOMMURA Yukio

ITO Nobuo

**Abstract** : In Hokkaido, irrigation systems for upland fields that use large-scale water sprinkling facilities are widespread, and there are many high-pressure water pipelines. Some of these pipelines are more than 30 years old, and in recent years, there have been some cases of water leakage from very important main pipelines. Techniques are needed for diagnosing the functionality of pipelines in Hokkaido, in line with their scale and use conditions. The establishment of a method for diagnosing the functionality of pipelines is an urgent task, as is the evaluation of the appropriateness of existing diagnostic techniques.

Toward establishing a diagnostic method suited to agricultural pipelines in Hokkaido, this study clarifies the types of pipes and the engineering properties of basic materials used for Hokkaido's pipelines, and observes the groundwater levels at locations of pipeline leakage. In addition, to collect basic data for the development of techniques for diagnosing pipelines in Hokkaido, an indoor experiment was carried out using flexible pipes that have been frequently used in Hokkaido as sample pipes. From the experiment, the behavior of underground pipes when groundwater levels fluctuate during the snowmelt season was elucidated. Based on the above study results and the characteristics of parts of pipelines where water leakage has occurred, a flowchart for diagnosing the functionality of pipelines in Hokkaido was prepared. The basic flow of diagnosing the functionality of pipelines in Hokkaido is the same as that of other prefectures. However, it was found that, when a ground survey is conducted, the topographical conditions that promote the collection of snowmelt water have to be taken into account; thus, the continuous observation of groundwater level is required throughout the year, and in sections of pipelines where considerable fluctuations in groundwater levels are observed, more careful diagnosis should be carried out, such as by increasing the density and frequency of internal pipe inspection.

**Key words** : pipeline, performance examination, flexible pipe, groundwater level, snowmelt water, volcanic ash soil